



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020**

### **Estudando o Efeito Applegate em Estrelas Binárias Eclipsantes**

**Wesley Lima dos Santos<sup>1</sup> e Marildo Geraldê Perreira<sup>2</sup>**

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Licenciatura em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [wesleysantos05@gmail.com](mailto:wesleysantos05@gmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [marildogp@gmail.com](mailto:marildogp@gmail.com)

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Fotométrica; Estrelas Binárias Eclipsantes; Séries Temporais Astronômicas.

### **INTRODUÇÃO**

Várias pesquisas demonstraram que os instantes de centro de trânsito de um sistema binário eclipsante são sensíveis às perturbações gravitacionais geradas por um terceiro corpo, mas uma explicação ligada à perturbação produzida pelo momento de quadrupolo magnético de uma ou ambas as estrelas.

O Efeito Applegate explica o fenômeno da modulação do tempo de trânsito dos sistemas binários como consequência da atividade magnética de uma estrela da sequência principal, membro do sistema, que gera um torque na camada externa da estrela, mudando a distribuição do momento angular, sendo que a forma da estrela depende dessa distribuição, e como a órbita do sistema é acoplada gravitacionalmente com a forma das estrelas, a mudança do período orbital se mostrará na mesma escala de tempo dos ciclos de atividade magnética (Applegate, 1992).

Diante do aumento de sistemas binários conhecidos através dos telescópios Kepler, K2 e TESS, se torna necessário um melhor entendimento por trás dos mecanismos que causam a modulação do período de trânsito. Devido a este problema, Völschow et al. (2016), criaram uma calculadora que permite o estudo das propriedades físicas ligadas ao Efeito Applegate chamada de Eclipsing Time Variation Calculator<sup>1</sup> (Calculadora da Variação de Tempo de Eclipses), a qual calcula a energia necessária para a operação do Mecanismo Applegate e seus quatro modelos propostos (Tian et al. 2009 e Völschow et al. 2016). Neste cenário, este trabalho buscará levantar os parâmetros estelares e orbitais que possam permitir o cálculo desta energia permitindo assim, uma caracterização dos sistemas que são mais suscetíveis ao Efeito Applegate ou ao Efeito Tempo Luz.

### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

A calculadora online utilizada na pesquisa é de domínio público assim como os pacotes de dados dos satélites (TESS, Kepler e K2), e o programa utilizado para a análise dos pacotes de dados é o LcTools (Smirth, 2019). Os parâmetros estelares que

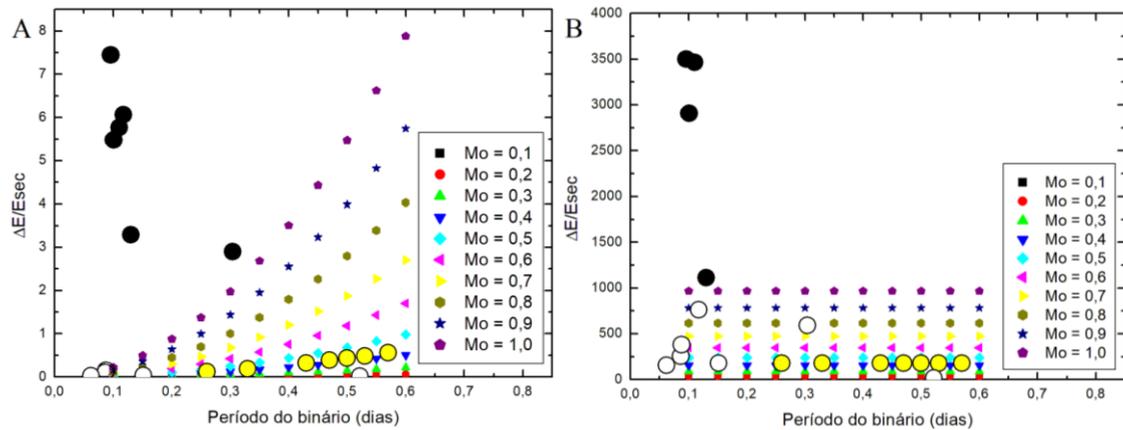
---

<sup>1</sup> <http://theory-starformation-group.cl/applegate/index.php>

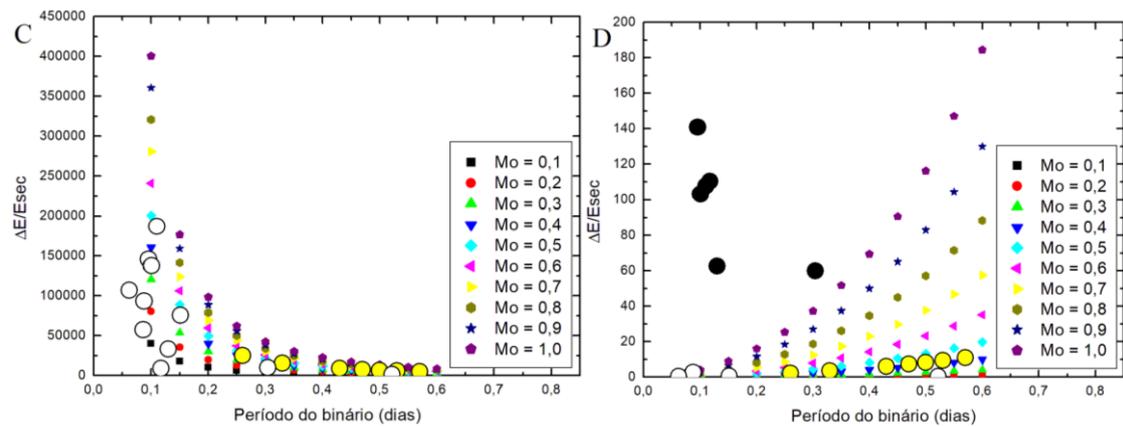
alimentam a calculadora são obtidos na literatura, e a classe de objetos selecionados envolvem os sistemas binários eclipsantes na fase de pós envelope comum.

### RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Utilizando a calculadora e os binários disponibilizados por ela, junto aos encontrados na pesquisa, foram obtidos os gráficos da Energia mínima para que o efeito Applegate funcione pelo período do sistema binário eclipsante ( $P_{bin}$ ) ((Fig.1A-B e Fig.2C-D), tomando os parâmetros de QS Vir como base para verificar qual é a área de possível atuação do Mecanismo Applegate para cada modelo e, conseqüentemente, a área de atuação do efeito tempo-luz. Os círculos amarelos indicam os sistemas levantados das recentes observações dos Satélites TESS e KEPLER, cujos dados foram confrontados com as previsões dos modelos para a faixa de massa de 0,1 a 1,0 massa solar. Os binários de controle estão representados pelos círculos brancos e pretos. Os círculos brancos são os sistemas que estão dentro da área de influência do Applegate, enquanto os círculos pretos, então fora da área de influência do Applegate, conseqüentemente, estes têm uma maior chance de que o efeito tempo-luz esteja agindo sobre eles.



**Figura 1:** Imagem A é o gráfico da Energia x período do modelo da casca fina (Tian et al. 2009). Imagem B é o : gráfico da Energia x período do modelo da densidade constante (Völschow et al. 2016).



**Figura 2:** Imagem C é o gráfico da Energia x período da parte positiva do modelo das duas zonas (Völschow et al. 2016). Imagem D é o gráfico da Energia x período da parte negativa do modelo das duas zonas (Völschow et al. 2016).

Na Fig.1.A, o modelo da casca fina de Tian et al.(2009), propõe a troca do momento angular de uma fina camada externa com o núcleo da estrela, devido a ação de um dínamo. A Fig.1.B é o modelo da densidade constante de Völschow et al. (2016), propõe a troca do momento angular entre uma camada externa finita e o núcleo interno da estrela, considerando a densidade dela constante. A Fig.2.C e Fig.2.D são oriundos do modelo de duas zonas de Völschow et al. (2016), ele propõe a troca do momento angular entre uma camada externa finita e o núcleo interno da estrela, levando em consideração o sentido da troca, o que gera duas funções.

Na Tab.1, se encontra os sistemas encontrados na pesquisa junto com os disponibilizados pela calculadora, os mesmos que constam nos gráficos, e se é possível que o mecanismo Applegate possa funcionar neles.

**Tabela 1:** Tabela da energia mínima necessária para que ocorra o Efeito Applegate para os três modelos nos sistemas encontrados na pesquisa e sua efetividade nos sistemas.

Sistema	$P_{\text{bin}}$ (dias)	$(\Delta E/E_{\text{sec}})^a$	$(\Delta E/E_{\text{sec}})^b$	$(\Delta E+/E_{\text{sec}})^c$	$(\Delta E-/E_{\text{sec}})^d$	Applegate
HS 070 + 6700	0,096	7,4431	3499,0	146112,65	140,8759	Não Ativo
HW Vir	0,117	6,0616	760,6	8821,60	110,2540	Não Ativo
NN Ser	0,130	3,2925	1115,0	33332,85	62,7105	Não Ativo
NSVS 14256825	0,110	5,7695	3462,2	187272,20	107,6136	Não Ativo
NY Vir	0,101	5,4845	2907,9	137860,65	103,1268	Não Ativo
HU Aqr	0,087	0,1056	254,9	57538,91	1,8989	Ativo
QS Vir	0,151	0,0397	178,5	75491,21	0,7096	Ativo
RR Cae	0,304	2,8981	590,0	9781,98	59,8266	Não Ativo
UZ For	0,088	0,1469	382,5	93343,13	2,6358	Ativo
DP Leo	0,062	0,0217	157,3	107176,62	0,3883	Ativo
V471 Tau	0,522	0,0145	17,3	1415,04	0,3547	Ativo
TESS 425064757	0,260	0,1176	178,5	25153,99	2,1297	Ativo
TESS 146688260	0,500	0,4349	178,5	6456,18	8,2975	Ativo
TESS 288296337	0,570	0,5652	178,5	4856,46	11,0307	Ativo
K2 212409856	0,530	0,4887	178,5	5693,03	9,4098	Ativo
K2 60017946	0,430	0,3217	178,5	8897,47	6,0208	Ativo
Kepler 7667885	0,330	0,1894	178,5	15436,71	3,4703	Ativo
Kepler 12553806	0,470	0,3843	178,5	7369,78	7,2689	Ativo

<sup>a</sup> Tian et al. 2009.

<sup>b</sup> Völschow et al. 2016 (densidade constante).

<sup>c</sup> Völschow et al. 2016 (zona positiva).

<sup>d</sup> Völschow et al. 2016 (zona negativa).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Este trabalho se propôs estudar e verificar a efetividade do Efeito Applegate para a energética da variação dos instantes de trânsito em sistemas binários eclipsantes de curto período, em particular sistemas do tipo pós-envelope comum. O processo metodológico consistiu no cálculo das energias do momento de quadrupolo associado ao efeito Applegate utilizando a calculadora de Volshow et. al. (2016). Os objetos apresentados na Tab.1 foram analisados dentro da perspectiva de cada modelo, indicando em quais o mecanismo Applegate pode funcionar. Entretanto, a garantia para a efetividade deste mecanismo, somente pode ser suportada no caso de que também sejam observadas atividade magnética com o mesmo período que o da modulação da

variação dos instantes de centro de trânsito dos eclipses observados.

## REFERÊNCIAS

APPLEGATE, J.H. A mechanism for orbital period modulation in close binaries. *The Astrophysical Journal*, **The American Astronomical Society**, 1 de Fev de 1992. Vol. 385, 621-629,. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/full/1992ApJ...385..621A>>. Acesso em: 23 de ago. de 2020.

SCHMITT, A. R.; HARTMAN, J. D.; KIPPING, D.M. LcTools: A Windows-Based Software System for Finding and Recording Signals in Lightcurves from NASA Space Missions. **arXiv**, 2019. Disponível: <<https://arxiv.org/abs/1910.08034>>. Acessado em: 23 de ago. de 2020.

TIAN, Y.P., XIANG, F.Y. TAO, X. Period investigation of two RS CVn-type binary stars: RU Cancri and AW Herculis. **Astrophys Space Sci**, fev. de 2009. Vol. 319, 119–124. Disponível em: <<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009Ap%26SS.319..119T/abstract>>. Acesso em: 23 de ago. de 2020.

VÖLSCHOW, M.; SCHLEICHER, D. R. G.; PERDELWITZ, V.; BANERJEE, R. Eclipsing time variations in close binary systems: Planetary hypothesis vs. Applegate mechanism. **Astronomy and Astrophysics**, mar. de 2016. Vol. 587, A34, 2016. Disponível em: <<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...587A..34V/abstract>>. Acesso em: 23 de ago. de 2020.